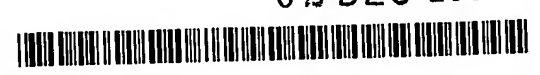


(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

02 DEC 2004

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
18. Dezember 2003 (18.12.2003)

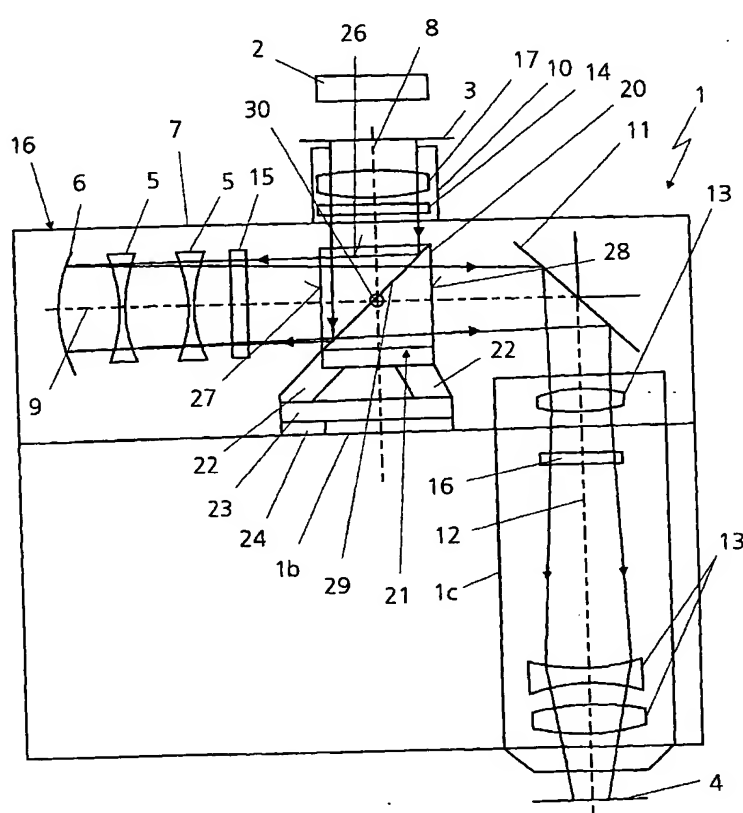
PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 03/104897 A2

- (51) Internationale Patentklassifikation⁷: **G03F 7/00**
- (21) Internationales Aktenzeichen: **PCT/EP03/04772**
- (22) Internationales Anmeldedatum:
7. Mai 2003 (07.05.2003)
- (25) Einreichungssprache: **Deutsch**
- (26) Veröffentlichungssprache: **Deutsch**
- (30) Angaben zur Priorität:
102 25 265.3 7. Juni 2002 (07.06.2002) **DE**
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von
US): **CARL ZEISS SMT AG [DE/DE]; Carl-Zeiss-Strasse
22, 73447 Oberkochen (DE).**
- (72) Erfinder; und
(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **WEBER, Ul-
rich [DE/DE]; Ensingerstr. 53, 89073 Ulm (DE).
HOLDERER, Hubert [DE/DE]; Graefinstrasse 6, 89551
Koenigsbronn (DE). KOHL, Alexander [DE/DE]; Karl-
splatz 24, 73433 Aalen (DE).**
- (74) Anwalt: **LORENZ, Werner; Alte Ulmer Strasse 2, 89522
Heidenheim (DE).**
- (81) Bestimmungsstaaten (national): **JP, KR, US.**
- (84) Bestimmungsstaaten (regional): **europäisches Patent (AT,
BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR,
HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).**
- Erklärungen gemäß Regel 4.17:**
— hinsichtlich der Identität des Erfinders (Regel 4.17 Ziffer i)
für alle Bestimmungsstaaten
- [Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: **OBJECTIVE, ESPECIALLY A PROJECTION OBJECTIVE FOR MICROLITHOGRAPHY**

(54) Bezeichnung: **OBJEKTIV, INSBESONDERE PROJEKTIONSOBJEKTIV FÜR DIE MIKROLITHOGRAPHIE**



(57) Abstract: The invention relates to an objective provided with a plurality of lenses, mirrors and at least one beam splitter (20), all mounted in an objective housing (1). At least one of the surfaces (26, 27, 28) of the beam splitting element (20), located in the beam path, is used as a correcting asphere. The beam splitting element (20) can be provided with manipulators (22) which are arranged on a manipulator carrier (23) which is connected to the objective housing in a fixed manner.

(57) Zusammenfassung: Ein Objektiv ist mit mehreren in einem Objektivgehäuse (1) eingesetzten Linsen, Spiegeln und wenigstens einem Strahlenteilelement (20) versehen. Ein oder mehrere im Strahlengang liegende Flächen (26, 27, 28) des Strahlenteilelements (20) sind als Korrekturasphären vorgesehen. Das Strahlenteilelement (20) kann mit Manipulatoren (22) versehen sein, die auf einem Manipulatorträger (23) angeordnet sind, welcher feststehend mit dem Objektivgehäuse verbunden ist.

WO 03/104897 A2



- hinsichtlich der Berechtigung des Anmelders, ein Patent zu beantragen und zu erhalten (Regel 4.17 Ziffer ii) für die folgenden Bestimmungsstaaten JP, KR, europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR)
- hinsichtlich der Berechtigung des Anmelders, die Priorität einer früheren Anmeldung zu beanspruchen (Regel 4.17 Ziffer iii) für alle Bestimmungsstaaten
- Erfindererklärung (Regel 4.17 Ziffer iv) nur für US

Veröffentlicht:

- ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

Objektiv, insbesondere Projektionsobjektiv für die
Mikrolithographie

Die Erfindung betrifft ein Objektiv mit mehreren in einem Objekt-
5 jektivgehäuse eingesetzten Linsen, Spiegeln und wenigstens
einem Strahlenteilerelement. Insbesondere betrifft die Erfindung ein Projektionsobjektiv für die Mikrolithographie zur Herstellung von Halbleiter-Bauelementen.

10 Zur Korrektur von optischen Elementen, insbesondere von Objektiven für die Halbleiterindustrie, wie z.B. Projektionsobjektive zur Herstellung von Halbleiterelementen, werden in zunehmendem Maße Korrekturasphären eingesetzt. So ist es z.B. bekannt, eine Korrekturasphäre im Feldbereich des Objektives
15 und eine Korrekturasphäre in der Pupille einzusetzen. Durch die Korrekturasphären können Fehler in der Abbildungsgenauigkeit, z.B. Fehler die außerhalb von vorgegebenen Toleranzen liegen, nachträglich korrigiert werden. Hierzu werden entsprechend hierfür ausgewählte Linsen wieder aus dem Objektiv
20 ausgebaut, deren Oberflächen entsprechend zur Erzeugung von Korrekturasphären bearbeitet und anschließend wieder in das Objektivgehäuse eingesetzt. Voraussetzung hierfür ist jedoch, daß nach dem Wiedereinbau das bearbeitete optische Element exakt innerhalb seiner sechs Freiheitsgrade wieder an der
25 gleichen Stelle sitzt wie vor dem Ausbau. Darüber hinaus soll der Aus- und Einbau möglichst einfach sein und auch nach einem Wiedereinbau der gleiche Deformationszustand des bearbeitenden Elementes, wie er vor dem Ausbau vorhanden war, vorliegen.

30 Wenn in dem Objektiv mehrere Korrekturasphären erforderlich sind, bedeutet dies einen entsprechenden Aufwand.

Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde,
35 Korrekturasphären in dem Objektiv vorzusehen, die einen geringeren Aufwand bedeuten, insbesondere wobei deren Aus- und

nachfolgender Einbau vereinfacht wird.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe dadurch gelöst, daß ein oder mehrere im Strahlengang liegende Flächen des Strahlenteiler-elementes als Korrekturasphären vorgesehen sind, wobei
5 in vorteilhafter Weise das Strahlenteilerelement mit Manipulatoren verbunden ist, die auf einem Manipulatorträger angeordnet sind, welcher feststehend mit dem Objektivgehäuse verbunden ist.

10 Erfindungsgemäß wird nunmehr ein Strahlenteilerelement zur Bildung von Korrekturasphären verwendet.

Ein Strahlenteilerelement ist bezüglich seiner Lage exakt in
15 einem Objektiv einzubauen. Versieht man ihn nunmehr zusätzlich mit Manipulatoren, so läßt er sich gezielt wiederholbar bezüglich seiner Lage aus- und wieder einbauen. Gleichzeitig läßt sich dabei auch der Deformationszustand beibehalten. Dadurch daß ein Strahlenteilerelement, z.B. ein Strahlenteiler-
20 würfel, mehrere im Strahlengang liegende Flächen aufweist, nämlich die Eintrittsfläche des Strahlenteilerelements, eine um einen Winkel von $90^\circ \pm 20^\circ$ dazu versetzt liegende Zwischenaustrittsfläche und eine in Strahlrichtung gesehene hintere Ausgangsfläche, stehen im Bedarfsfalle drei transmittierende Flächen als Korrekturasphären zur Verfügung. Dies be-
25 deutet, daß man im Vergleich zu den bekannten auf Linsen angebrachten Korrekturasphären nur ein einziges Teil, nämlich das Strahlenteilerelement, ausbauen muß und dann drei verschiedene transmittierende Flächen im Bedarfsfalle bearbeiten
30 und damit drei verschiedene Korrekturen vornehmen kann.

Es ist dabei lediglich dafür zu sorgen, daß das Strahlenteiler-element mit Manipulatoren und Sensoren derart versehen wird, daß nach einem Aus- und erfolgten Wiedereinbau exakt
35 die gleiche Position wieder hergestellt werden kann, wie dies vor dem Ausbau der Fall war, damit man verhindert, daß neue

Fehler in das Objektiv eingebracht werden.

Im allgemeinen wird es ausreichend sein, wenn man eine Möglichkeit vorsieht, das Strahlenteilerelement um wenigstens
5 zwei Achsen zu schwenken, welche sich in vorteilhafter Weise auf der Strahlenteilerebene befinden.

Dabei sollten sich die Kippachsen in einem Punkt schneiden, wobei der Schnittpunkt in einer vorteilhaften Ausgestaltung
10 der Erfindung auf der Strahlenteilerebene in einem zentralen Bereich liegen sollte, in welchem der Mittelstrahl des Strahlenganges liegt.

Durch eine derartige Ausgestaltung wird erreicht, daß es zu
15 keinen Ortsverschiebungen kommt. D.h. im Bedarfsfalle kann man die Manipulatoren auch so ausgestalten, daß das Strahlenteiler-element um drei Achsen kippbar ist, wobei eine der Kippachsen sich in der Strahlenteilerebene und die beiden anderen Kippachsen um 90° dazu versetzt in einem Winkel von 45°
20 zur Strahlenteilerebene liegen.

Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen ergeben sich aus dem nachfolgend anhand der Zeichnung prinzipmäßig beschriebenen Ausführungsbeispiel.

25

Es zeigt:

Figur 1 eine Prinzipdarstellung einer Projektionsbelichtungsanlage mit einem Projektionsobjektiv mit einem
30 erfindungsgemäßen Strahlenteilerwürfel als Strahlenteilerelement,

Figur 2 eine vergrößerte Darstellung des Strahlenteilerwürfels aus der Figur 1 in Seitenansicht, und

35

Figur 3 eine Ansicht des Strahlenteilerelement aus Pfeil-

richtung A gemäß Figur 2.

In der Figur 1 ist prinzipmäßig eine Projektions-
belichtungsanlage mit einem Projektionsobjektiv 1 für die
5 Mikrolithographie zur Herstellung von Halbleiterelementen
dargestellt.

Es weist ein Beleuchtungssystem 2 mit einem nicht dargestell-
ten Laser als Lichtquelle auf. In der Objektebene der Projek-
10 tions-belichtungsanlage befindet sich ein Retikel 3, dessen
Struktur auf einen unter dem Projektionsobjektiv 1 angeordne-
ten Wafer 4, der sich in der Bildebene befindet, in entspre-
chend ver-kleinertem Maßstab abgebildet werden soll.

15 Das Projektionsobjektiv 1 ist mit einem ersten vertikalen Ob-
jektivteil 1a und einem zweiten horizontalen Objektivteil 1b,
versehen. In dem Objektivteil 1b befinden sich mehrere Linsen
5 und ein Konkavspiegel 6, welche in einem Objektivgehäuse 7
des Objektivteiles 1b angeordnet sind. Zur Umlenkung des Pro-
20 jektionsstrahles (siehe Pfeil) von dem vertikalen Objektiv-
teil 1a mit einer vertikalen optischen Achse 8 in das hori-
zontale Objektivteil 1b mit einer horizontalen optischen Ach-
se 9 ist ein Strahlenteilerelement 20 vorgesehen.

25 Nach Reflexion der Strahlen an dem Konkavspiegel 6 und einem
nachfolgenden Durchtritt durch das Strahlenteilerelement 20
treffen diese auf einen Umlenkspiegel 11. An dem Umlenkspie-
gel 11 erfolgt eine Ablenkung des horizontalen Strahlengangs
9 wiederum in eine vertikale optische Achse 12. Unterhalb des
30 Umlenkspiegels 11 befindet sich ein drittes vertikales Objek-
tivteil 1c mit einer weiteren Linsengruppe 13. Zusätzlich be-
finden sich im Strahlengang noch drei $\lambda/4$ -Platten 14, 15 und
16. Die $\lambda/4$ -Platte 14 befindet sich in dem Projektionsobjek-
tiv 1 zwischen dem Retikel 3 und dem Strahlenteilerelement 20
35 hinter einer Linse oder Linsengruppe 17 und verändert jeweils

die Polarisationsrichtung der Strahlen um 90° . Die $\lambda/4$ -Platte 15 befindet sich im Strahlengang des horizontalen Objektivteiles 1b und die $\lambda/4$ -Platte 16 befindet sich in dem dritten Objektivteil 1c. Die drei $\lambda/4$ -Platten dienen dazu, die Polarisation während des Durchgangs durch das Projektionsobjektiv 1 so zu ändern, daß ausgangsseitig wieder die gleiche Polarisationsrichtung wie eingangsseitig vorliegt, wodurch unter anderem Strahlenverluste minimiert werden.

10 In den Figuren 2 und 3 ist das Strahlenteilerelement 20 aus der Figur 1 in vergrößerter Darstellung näher erläutert. Zur Deformationsentkopplung ist das Strahlenteilerelement 20 auf einem Zwischenträger 21 angeordnet. An dem Zwischenträger 21 greifen nicht näher dargestellte Manipulatoren 22 an, die
15 sich auf einem Manipulatorträger 23 abstützen. Über Abstimm-
scheiben 24, die zum erstmaligen Einstellen des Strahlenteilerelements 20 dienen, ist der Manipulatorträger 23 mit einem Teil des Objektivgehäuses 1b des Projektionsobjektives verbunden.

20 Das Strahlenteilerelement 20 besitzt 3 optisch wirksame Flächen, die im Strahlengang liegen. Es sind dies eine Eintrittsfläche 26, die in dem Strahlengang zwischen der Linse 17 und dem Strahlenteilerelement 20 liegt, eine Zwischenauss-
25 trittsfläche 27, die in dem Strahlengang des horizontalen Objektivteils 1b des Projektionsobjektives 1 mit den Linsen 5
nebst Umlenkspiegel 6 und $\lambda/4$ -Platten 15 liegt und einer Austrittsfläche 28 des Strahlenteilerelements, die zu dem Umlenkspiegel 11 gerichtet ist.

30 Durch das Strahlenteilerelement 20 kommt es in Verbindung mit der $\lambda/4$ -Platten 14 und 15 in bekannter Weise an einer Strahlenteilerebene 29 in dem Strahlenteilerelement 20, welche um $45^\circ \pm 10^\circ$ geneigt zu dem einfallenden Strahlengang liegt, zu
35 einer Umlenkung in den horizontalen Objektivteil 1b des Pro-

jektionsobjektives 1 mit den Linsen 5 und dem Spiegel 6. Durch die sich in diesem Strahlengang befindliche $\lambda/4$ -Platte 15 durchdringt der von dem Spiegel 6 reflektierte Strahlengang nunmehr die Strahlenteilerebene 29 und tritt an der Austrittsfläche 28 des Strahlenteilerelements 20 aus.

Dies bedeutet, zur Bildung von Korrekturasphären stehen an dem Strahlenteilerelement 20 drei Flächen zur Verfügung, nämlich die Eintrittsfläche 26, die Zwischenaustrittsfläche 27 und die Austrittsfläche 28.

Wird nach einem Einbau aller optischen Elemente in dem Projektionsobjektiv 1 festgestellt, daß Korrekturen zur Erhöhung der Abbildungsgenauigkeit erforderlich sind, so wird das Strahlenteilerelement 20 ausgebaut und entsprechend den Korrekturerfordernissen werden einzelne oder auch alle drei der zur Verfügung stehenden im Strahlengang liegenden Flächen entsprechend mit Korrekturasphären versehen. Anschließend erfolgt ein erneuter Einbau.

Um nun diesen erneuten Einbau möglichst exakt durchzuführen und das Strahlenteilerelement 20 entsprechend genau in der Lage wieder einzubauen, die er hatte, müssen die Manipulatoren 22 entsprechend ausgelegt und bewegt werden. Gleichzeitig bedeutet dies, daß das Strahlenteilerelement 20 wenigstens um zwei Achsen schwenkbar sein muß. Die beiden Achsen sind die x- und die y-Achse, wobei sich die x-Achse in der Strahlenteilerebene 29 befindet und die y-Achse um 45° dazu geneigt, womit sie gleichzeitig auch parallel zur optischen Achse im Austrittsbereich liegt.

Zusätzlich kann noch als dritte Kippachse nämlich die z-Achse zur Einstufung mit hinzugenommen werden, welche um 90° versetzt zu den beiden anderen Achsen und in einem Winkel von 45° zur Strahlenteilerebene 29 liegt, womit sie auch parallel zur optischen Achse im Eintrittsbereich liegt.

Dabei sollen sich die drei Kippachsen x-, y- und z-Achse in einem Punkt schneiden, der sich auf der Strahlenteilerebene 29 im zentralen Bereich befindet, in welchem auch der Mittelstrahl liegt. Dieser Punkt ist in den Figuren 2 und 3 mit "30" bezeichnet.

Zur Einstufierung des Strahlenteilerelements 20 sind entsprechend Sensoren und Referenzflächen erforderlich. Wie in den Figuren 2 und 3 dargestellt, können dies kapazitive Sensoren 31a, 31b, 31c, 31d, 31e und 31f sein. Die Sensoren "31a bis 31f" arbeiten in bekannter Weise mit Referenzflächen 32 zusammen, die sich an dem Strahlenteilerelement 20 befinden. Die kapazitiven Sensoren 31a und 31b liegen auf Abstand voneinander berührungslos vor der Eintrittsfläche 26. Der Sensor 31c befindet sich berührungslos vor der Zwischenaustrittsfläche 27 und die Sensoren 31d, e und f an einer Seite des Strahlenteilerelements 26, die parallel zu dem horizontal verlaufenden Strahlengang und rechtwinklig sowohl zur Eintrittsfläche 26 als auch zur Zwischenaustrittsfläche 27 und der Austrittsfläche 28 liegen.

Die Manipulatoren 22 können von beliebiger Bauart sein. Wesentlich ist lediglich, daß sie derart ausgestaltet sind, daß das Strahlenteilerelement 20 um wenigstens zwei, vorzugsweise drei, Kippachsen gekippt werden kann. So kann z.B. der Zwischenträger 21 über die Manipulatoren 22 kardanisch mit dem Manipulatorträger 23 verbunden sein. Die Gelenkverbindungen hierzu können als Festkörpergelenke ausgebildet sein, da durch diese sehr exakte und reproduzierbare Verschiebungen möglich sind.

Patentansprüche:

1. Objektiv mit mehreren in einem Objektivgehäuse eingesetzten Linsen, Spiegeln und wenigstens einem Strahlenteiler-
5 element, dadurch gekennzeichnet, daß ein oder mehrere im Strahlengang liegende Flächen (26,27,28) des Strahlenteiler-
elements (20) als Korrekturasphären vorgesehen sind.
2. Objektiv nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das
10 Strahlenteiler-element (20) mit Manipulatoren (22) verbunden ist, die auf einem Manipulatorträger (23) angeordnet sind, welcher feststehend mit dem Objektivgehäuse (1b) verbunden ist.
- 15 3. Objektiv nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß als Korrekturasphären eine Eintrittsfläche (26) des Strahlenteiler-
elements (20), eine dazu versetzt liegende Zwischenaustrittsfläche (27) und eine in Strahlrichtung ge-
sehen hintere Austrittsfläche (28) des Strahlenteiler-
20 elements (20) vorgesehen sind.
4. Objektiv nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß das
Strahlenteiler-element (20) um wenigstens zwei Achsen
(x,y) kippbar ist.
- 25 5. Objektiv nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß sich die Kippachsen (y,x,z) in einem Punkt (30) schneiden.
- 30 6. Objektiv nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß sich der Schnittpunkt (30) auf der Strahlenteilerebene
(29) des Strahlenteiler-elements (20) in einem zentralen Bereich befindet, in welchem der Mittelstrahl des Strahl-
lenganges liegt.

7. Objektiv nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß das Strahlenteilerelement um drei Achsen kippbar ist, wobei eine der Kippachsen (x) sich in der Strahlenteilerebene (29) und die beiden anderen Kippachsen (y,z) um 90° dazu versetzt jeweils in einem Winkel von 45° zur Strahlenteilerebene (29) liegen.
8. Objektiv nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß zur Deformationsentkopplung des Strahlenteilerelements (1c) ein Zwischenträger (23) vorgesehen ist, auf welchem das Strahlenteilerelement (20) angeordnet ist, und an welchem die Manipulatoren (22) angreifen.
9. Objektiv nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß es als Projektionsobjektiv (1) für die Mikrolithographie zur Herstellung von Halbleiter-Bauelementen vorgesehen ist.

1/2

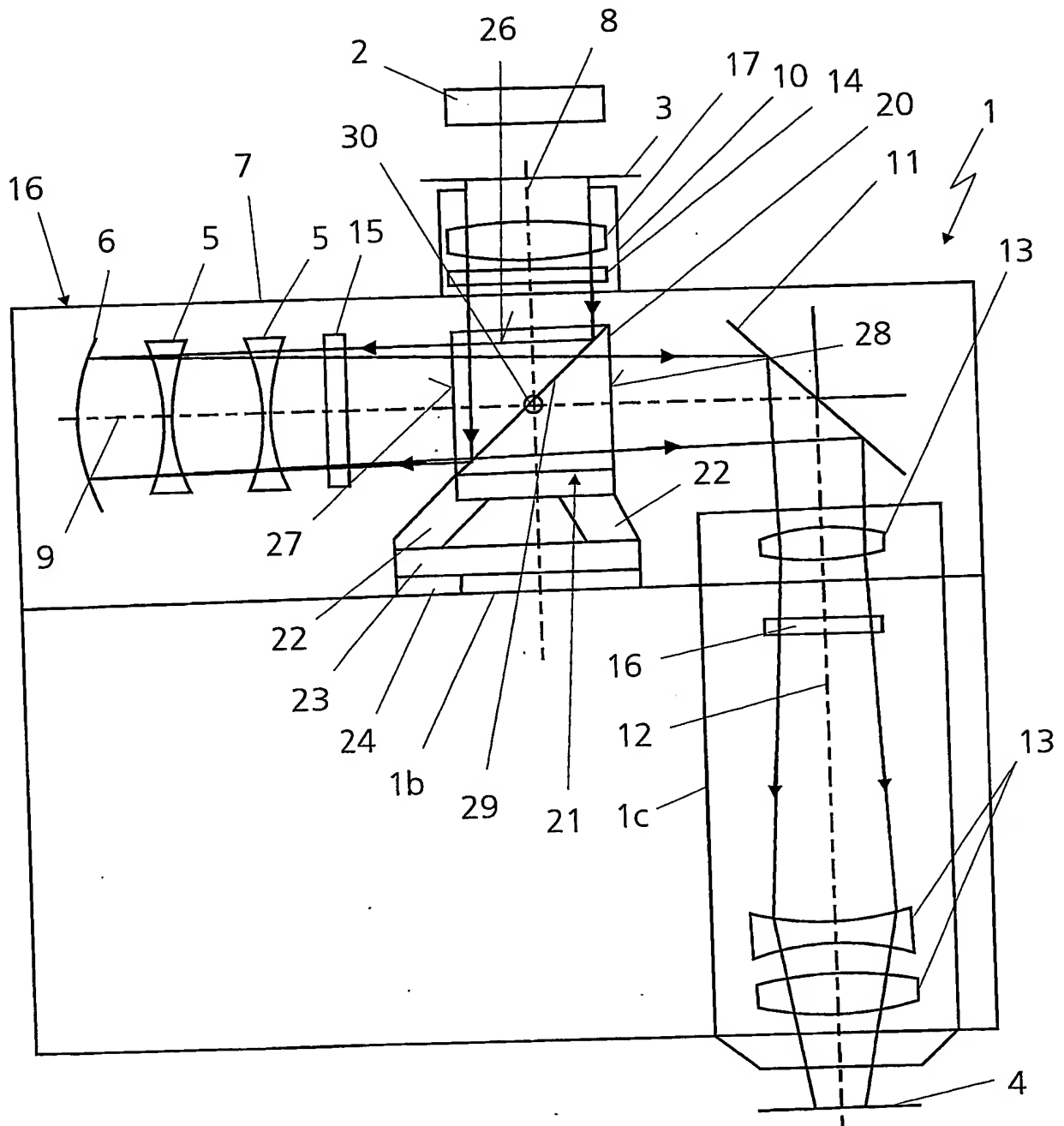


Fig. 1

2/2

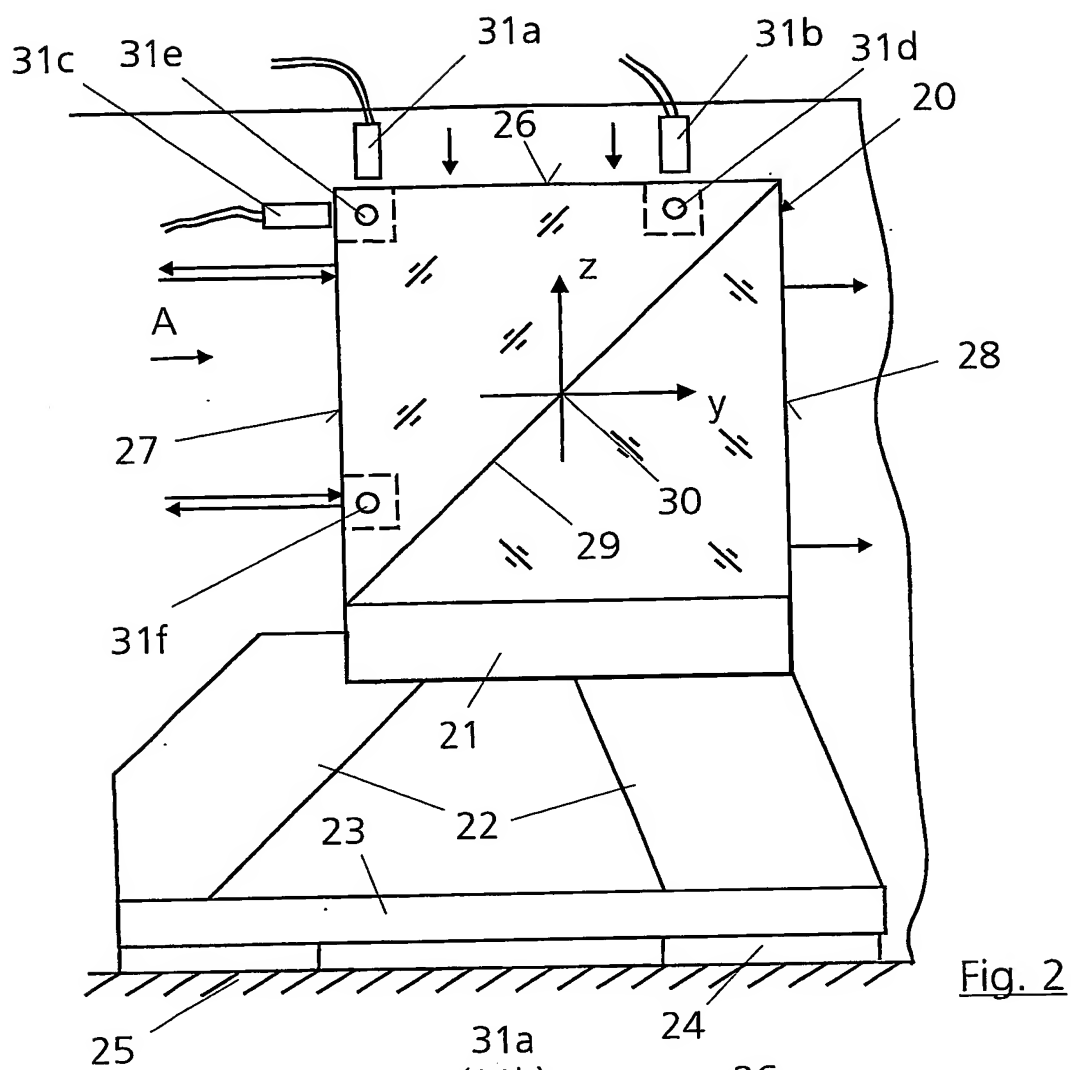


Fig. 2

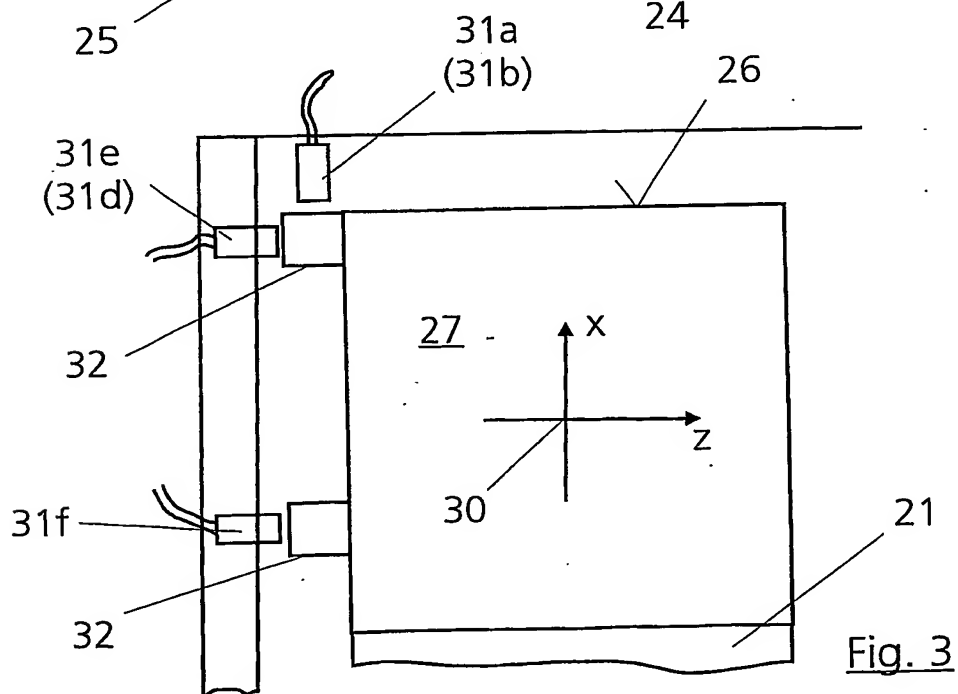


Fig. 3